

카페인과 칼슘의 섭취수준이 연령이 다른 암쥐의 체내 칼슘이용에 미치는 영향

최미경 · 전예숙 · 승정자*

충남산업대학교 식품영양학과, 숙명여자대학교 식품영양학과*

Effects of Caffeine and Calcium Intake on Calcium Utilization in Female Rats of Different Age

Choi, Mi Kyeong · Jun, Ye Sook · Sung, Chung Ja*

Department of Food and Nutrition, Chungnam Sanup University, Hongsung, Korea
Department of Food and Nutrition,* Sooknyung Women's University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of this research was to investigate the effects of caffeine and calcium levels on calcium utilization in female rats of different ages. Calcium utilization was compared in female rats of different age(4 weeks and 12 months) fed various levels of caffeine(0 and 7mg/100g body weight) and calcium(50, 100 and 200% of requirement) for 3 weeks. Feed intake of the caffeine groups was lower than that of the no-caffeine groups. Body weight gain was lowest in the high-caffeine and low-calcium group. Serum calcium levels of young rats were higher than those of adult rats. There were no significant differences in tibial calcium content among the caffeine- and calcium-groups. Fecal calcium excretion increased as the level of dietary calcium was increased. Urinary calcium excretion increased as the levels of caffeine and dietary calcium were increased. With increasing levels of dietary calcium, daily calcium retention was accelerated, but apparent calcium absorbability was diminished. The results of this study suggest that caffeine consumption promotes urinary calcium excretion. However, increases in dietary calcium resulted in higher calcium retention. These findings indicate that high caffeine consumption may increase dietary calcium requirements. Therefore, it could be suggested that the supplementation of dietary calcium may counteract the negative effect of caffeine intake on calcium utilization. (*Korean J Nutrition* 30(10) : 1160~1169, 1997)

KEY WORDS : caffeine · calcium · age.

서 론

카페인 섭취가 계속 증가하고 있는 현시점에서 카페인 소변을 통한 칼슘손실을 초래하여 체내 칼슘이용을 감소시킨다는 연구결과¹⁻³⁾가 보고되고 있다. 따라서 체내 칼슘이용을 감소시키는 카페인의 영향을 줄일 수 채택일 : 1997년 10월 24일

있는 방안에 대한 연구가 필요하게 되었다.

체내 칼슘상태는 칼슘 흡수율과 손실량에 의해 좌우되며, 여기에 영향을 미치는 인자로서 연령⁴⁾, 칼슘 섭취량⁵⁾, 카페인³⁾, 비타민 D⁶⁾, 칼슘과 인의 섭취비율⁷⁾, 단백질의 종류⁸⁾, 나트륨⁹⁾, 식이섬유소¹⁰⁾, 알코올¹¹⁾ 등에 대한 연구가 이루어지고 있다. 연령이 칼슘대사에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 1970년 Bullamore 등⁴⁾은 20에서 95세에 이르는 대상자에게 동위원소 ⁴⁵Ca을 이

용하여 칼슘흡수율을 측정된 결과 60세 이전보다 60세 이후가 남녀 모두 흡수율이 감소하였고, 특히 여성이 더 많이 감소하였다고 보고하였다. 다른 연구¹²⁾에서도 여성이 연령에 따라 칼슘흡수의 차이가 심하여 젊은 여성이 섭취량의 67%를 흡수하고, 80세 이상에서는 26% 이하를 흡수한다고 하였다. 지금까지의 연구들을 종합해볼 때, 연령이 증가하면서 칼슘 흡수율은 저하되고 칼슘 섭취량에 따른 적응능력이 감소하여 체내 칼슘상태가 나빠질 가능성이 높고, 특히 여성의 경우에는 폐경기간이 경과될수록 칼슘흡수율은 더욱 저하되어¹³⁾ 남성보다 가령에 따른 영향이 더 클 것으로 보여진다.

소장으로부터의 칼슘의 흡수는 능동 및 수동적 이동 기전을 통해 이루어진다. 칼슘섭취가 낮거나 정상일 때에는 신장에서 만들어지는 활성 비타민 D인 1,25(OH)₂D₃의 작용에 의해 능동적 이동으로 칼슘의 흡수가 이루어지지만 고칼슘섭취시에는 부갑상선 호르몬 분비와 1,25(OH)₂D₃생성이 억제되어 칼슘흡수가 주로 수동적 이동으로 이루어지기 때문에 부분적인 칼슘흡수는 감소하게 된다고 한다¹⁴⁾. 이상과 같이 칼슘 섭취량에 따라 칼슘흡수율은 차이가 있어 비록 노인이라 할지라도 저칼슘식이시에는 칼슘흡수율이 감소되지는 않는다는 보고¹⁵⁾가 있다. 그러나 고칼슘식이시 칼슘흡수율이 낮더라도 흡수된 절대량은 저칼슘식이보다 높기 때문에 고칼슘식이 권장되며, 적절한 칼슘섭취의 중요성은 칼슘섭취량과 체내 골격대사와의 관계에서 쉽게 발견되고 있다. Kelly 등¹⁶⁾은 21에서 79세의 남성을 대상으로 골밀도의 결정요인을 평가해본 결과, 식이 칼슘섭취량이 골밀도의 유의적인 예견인자라고 하였으며, 1987년 Dawson-Hughes 등¹⁶⁾은 40에서 70세의 건강한 폐경후 여성을 대상으로 칼슘섭취량과 척추의 골밀도를 7개월 간격으로 측정된 결과 하루에 405mg 미만의 칼슘을 섭취하는 대상자의 척추 골밀도 손실률이 777mg이 넘는 칼슘섭취자보다 유의하게 높았다고 발표하였다. 1989년 Heaney¹⁷⁾는 칼슘섭취량이 적고 배설량이 크면 혈청의 칼슘농도는 낮아지는데, 체내에서는 골량을 유지하는 것보다 혈청의 칼슘농도를 유지시켜 연조직에서의 역할을 유지하는 것이 더욱 중요하기 때문에 혈청의 칼슘농도를 유지하기 위해서 골손실이 초래된다고 하면서, 충분한 칼슘섭취는 적절한 최대 골량을 형성하고 노년기의 골손실을 억제하기 위해 중요하다고 덧붙였다. 이와같은 결과는 어린이¹⁸⁾와 여대생¹⁹⁾, 골감소증 환자²⁰⁾를 대상으로 실시한 연구에서도 나타나고 있으며, 충분한 칼슘보충과 함께 운동을 실시했을 때 골량이나 골대사에 미치는 효과가 더욱 뚜렷했다는 보고²¹⁾도 있다.

이상의 연구결과들을 종합할 때, 식이칼슘의 증가는

대변과 소변으로의 칼슘배설을 증가시키지만 결과적으로는 체내 칼슘보유량을 증가시켜 칼슘은 카페인에 영향을 받는 영양소임과 동시에 카페인의 영향을 보완할 수 있는 영양소인 것으로 보여진다.

따라서 본 연구에서는 생후 4주된 어린 암쥐와 12개월된 성숙한 암쥐를 대상으로 체중 100g당 0mg과 7mg의 카페인, 그리고 요구량의 50, 100, 200% 수준의 식이칼슘을 3주간 공급한 후 체내 칼슘함량을 측정하여 체내 칼슘이용에 미치는 카페인의 영향이 연령과 칼슘섭취수준에 따라 어떻게 변하는지 살펴보고 카페인의 영향에 따른 식이칼슘의 중요성을 제시하고자 한다.

실험재료 및 방법

1. 실험동물의 사육

실험동물은 Sprague-Dawley계 암쥐로, 생후 4주된 약 80g의 어린쥐 60마리와 12개월된 약 350g의 성숙쥐 60마리를 고휘사료로 1주일간 적응시킨 후 연령, 카페인 및 칼슘 섭취수준에 따라 임의 배치법으로 각각 10마리씩 12군으로 나누어 3주간 사육하였다. 사육실의 조건은 온도 24±2℃, 습도 55~60%를 항상 유지시켜 주었으며, 모든 사료와 물(2차 증류수)은 매일 같은 시각에 공급한 후 자유급식시켰다. 사육 및 실험에 사용할 모든 기구들은 무기질의 오염을 방지하기 위하여 깨끗이 씻은 후 플라스틱 제품인 경우에는 0.4% EDTA 용액에, 유리제품일 경우에는 질산원액에 24시간 이상 담갔다가 2차 증류수로 3번 이상 세척하고 건조기에서 습기를 제거한 다음에 사용하였다.

2. 실험동물의 식이

실험식이의 배합은 NRC²²⁾와 AIN-76²³⁾을 참고로 하였으며, 칼슘 섭취수준에 따른 배합구성비율은 Table 1과 같다. NRC 사양표준에서 칼슘이 무기질 요구량의 50%를 차지하므로 칼슘을 제외한 mineral mixture를 배합한 후, 칼슘은 calcium phosphate(CaHPO₄)의 형태로 3수준(요구량의 50, 100, 200%)으로 배합하여 공급하였다. 카페인(Junsei chemical Co., Japan)은 체중 100g당 7mg으로 계산한 양을 2차 증류수에 녹여 oral needle zone을 사용하여 매일 같은 시각에 위내로 투여하였으며, 비카페인군도 동량의 증류수를 카페인군과 같은 방법으로 투여하였다.

3. 식이섭취량과 체중증가량 측정

식이섭취량은 매일 같은 시각(오전 11시)에 측정하였으며, 전날 채워둔 사료통의 무게에서 그날의 무게를 뺀 값으로 섭취량을 계산하였다. 체중도 매일 같은 시

Table 1. Formulations of experimental diets %

Ingredient	Low-Ca diet (50% of requirement)	Normal-Ca diet(100% of requirement)	High-Ca diet (200% of requirement)
Casein	20.0	20.0	20.0
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3
Corn starch	15.0	15.0	15.0
Sucrose	50.875	50.0	48.25
Cellulose	5.0	5.0	5.0
Corn oil ¹⁾	5.0	5.0	5.0
Ca free mineral mixture ²⁾	1.75	1.75	1.75
CaHPO ₄	0.875	1.75	3.5
Vitamin mixture ³⁾	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2

- 1) Butylated hydroxytoluene as antioxidant was added 0.0125%/kg oil.
- 2) Mineral mixture : Sodium chloride 74g, potassium citrate · monohydrate 220g, potassium sulfate 52g, magnesium oxide 24g, manganous carbonate 3.5g, ferric citrate 6g, zinc carbonate 1.6g, cupric carbonate 0.3g, potassium iodate 0.01g, sodium selenite 0.01g, chromium potassium sulfate 0.55g ; sucrose finely powdered to make 500g.
- 3) Vitamin mixture : Thiamin · HCl 600mg, riboflavin 600 mg, pyridoxine · HCl 700mg, nicotinic acid 3g, D-calcium pantothenate 1.6g, folic acid 200mg, D-biotin 20 mg, cyanocobalamine 1mg, vitamin A 400,000IU, dl- α -tocopherol acetate 5,000IU, cholecalciferol 2.5mg, menaquinone 5mg ; sucrose finely powdered to make 1,000g.

각(오후 1시)에 측정하였고, 식이섭취로 인한 일시적인 체중변화를 막기 위하여 측정하기 1시간 전에 식이통을 제거한 후에 실시하였으며, 측정된 체중으로 매일 카페인 투여량을 계산하여 공급하였다. 식이효율은 일주일 간의 체중증가량을 일주일간의 식이섭취량으로 나눈 값으로 계산하였다.

4. 시료의 채취

3주간의 사육 종료전 3일동안 실험쥐를 대사장에 옮겨 대변과 소변을 채취하였다. 채취한 대변은 체도를 제거하고 총량을 측정된 후 냉동보관하였으며, 소변은 부패를 방지하기 위하여 toluene을 소량 넣은 채취병에 담아 잘 흔들어 섞은 후 총량을 측정하고 원심분리하여 그 상등액을 냉동보관하였다. 3주간의 사육이 끝난 후 15시간 정도 절식시키고 개체별로 체중을 측정하여 ketamine으로 마취시켜 해부를 실시하였다. 혈액은 복부 대동맥에서 채취하여 1시간 정도 방치한 후 3,000rpm에서 20분간 원심분리시켜 혈청을 얻어 분석시까지 냉동보관하였으며, 혈액을 채취한 후 간장, 신장, 경골(tibia)을 떼어내어 생리식염수로 표면에 묻은 혈액을 씻어내고 지방을 깨끗이 제거한 다음 무게를 측정

하고 냉동보관하였다.

5. 시료의 분석방법

1) 간장, 신장 및 대변의 습식분해

간장, 신장 및 대변은 잘 분쇄하여 50ml 분해용 플라스크에 1g 취하고 nitric acid 15ml를 넣어 250℃의 hot plate에서 갈색연기가 없어질때까지 분해한다. 여기에 perchloric acid 5ml를 첨가한 후 분해액이 약 1ml정도 남을 때까지 다시 분해한다. 분해가 완료되면 냉각시키고 50ml mass flask에 여과지(No. 6)를 넣고 뜨거운 증류수를 가해 분해용기 내부를 깨끗이 씻어 내리면서 표선을 채운다.

2) 경골의 건식분해

채취한 경골은 70℃ 건조기에서 2일간 건조하여 Soxhlet 장치에서 탈지한 후 60℃ 건조기에서 2시간 이상 건조하고 평량하여 fat free dry weight을 측정한다. 그후 600℃ 회화로에서 5시간 동안 회화시키고 2배로 희석한 hydrochloric acid-nitric acid 혼합용액(1 : 1)을 3ml 가하여 200℃의 hot plate에서 10분간 가열한 후 50ml mass flask에 여과지를 넣고 뜨거운 증류수를 가해 분해용기 내부를 깨끗이 씻어 내리면서 표선을 채운다.

3) 분해시료의 칼슘함량 측정과 칼슘평형 산출

혈청, 소변 및 전처리하여 준비한 간장, 신장, 대변 및 경골 분해액의 칼슘함량은 원자흡광광도계(Atomic absorption spectrophotometer, Hitachi Z6000, Japan)로 측정하여 각 시료종의 칼슘함량을 측정하였다. 칼슘 섭취량과 분석한 대변과 소변의 칼슘 배설량을 이용하여 칼슘의 1일 보유량, 보유율, 결보기 흡수율을 산출하였다.

6. 자료의 통계처리

본 실험에서 얻어진 모든 결과는 연령, 카페인, 칼슘 섭취수준에 따른 각 군별 평균치와 표준편차를 계산하였다. 연령, 카페인 및 칼슘 섭취수준의 영향을 알아보기 위하여 SAS program을 사용하여 2×2×3 분산분석을 하였고, 유의적인 영향이 나타났을 때는 각 군별 차이를 관찰하기 위하여 Duncan's multiple range test로 $\alpha=0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다²⁴⁾.

실험결과 및 고찰

1. 식이섭취량, 체중증가량, 식이효율

암컷의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 카페인을 체중 100g당 0mg과 7mg, 그리고 각각에 대하여 식이칼슘

을 요구량의 50, 100, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 식이섭취량, 체중증가량, 식이효율에 대한 결과는 Table 2와 같다. 식이섭취량은 연령과 카페인, 유의적인 영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.01$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 성숙한 쥐의 경우 카페인군이 비카페인군보다 낮았다. 체중증가량은 연령, 카페인, 연령과 카페인 상호작용의 유의한 영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 카페인군이 비카페인군보다 낮았다. 식이효율은 연령, 카페인, 연령과 카페인, 연령과 카페인과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아($p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.001$, $p < 0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 카페인군이 비카페인군보다 낮았다. 어린쥐와 성숙쥐 모두 카페인 섭취시 저칼슘군의 식이효율은 적정 칼슘군이나 고칼슘군보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

Table 2. Feed intake, body weight gain and feed efficiency ratio

Group ¹⁾	Feed intake	Body weight gain	FER
	g/day	g/day	
YC0LCa	29.62 ± 3.12 ^{2a3)}	3.81 ± 0.60 ^{ab}	0.13 ± 0.02 ^a
YCONCa	32.68 ± 1.21 ^a	4.03 ± 0.63 ^a	0.12 ± 0.02 ^a
YC0HCa	30.09 ± 1.29 ^a	4.11 ± 0.41 ^a	0.14 ± 0.01 ^a
YC7LCa	29.41 ± 0.66 ^a	2.44 ± 0.87 ^c	0.08 ± 0.03 ^b
YC7NCa	27.59 ± 0.08 ^{ab}	3.11 ± 0.68 ^{bc}	0.11 ± 0.02 ^a
YC7HCa	26.62 ± 4.37 ^{ab}	3.17 ± 0.40 ^{bc}	0.12 ± 0.02 ^a
AC0LCa	27.39 ± 1.12 ^{ab}	1.19 ± 1.19 ^d	0.04 ± 0.04 ^c
AC0NCa	26.44 ± 4.12 ^{ab}	1.03 ± 0.56 ^d	0.04 ± 0.02 ^c
AC0HCa	27.50 ± 3.71 ^{ab}	1.17 ± 0.86 ^d	0.04 ± 0.03 ^c
AC7LCa	19.02 ± 0.91 ^c	-1.17 ± 0.60 ^f	-0.06 ± 0.03 ^e
AC7NCa	21.38 ± 7.11 ^{bc}	-0.15 ± 0.80 ^e	-0.01 ± 0.04 ^d
AC7HCa	16.62 ± 2.21 ^c	-0.56 ± 0.86 ^{ef}	-0.03 ± 0.05 ^d
Significance	$p < 0.01$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
Anova			
A(age)	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
B(caffeine)	$p < 0.01$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
C(calcium)	N.S. ⁴⁾	N.S.	N.S.
A × B	N.S.	$p < 0.001$	$p < 0.001$
A × C	N.S.	N.S.	N.S.
B × C	N.S.	N.S.	N.S.
A × B × C	N.S.	N.S.	$p < 0.05$

1) In the abbreviated names, Y, A, C0, C7, L, N, H, indicate young, adult, no-caffeine, caffeine(7mg/100g B. W.), low, normal, high, respectively.

2) Mean ± standard deviation.

3) Means with different letters(a, b, c, d, e, f) within a column are significantly different from each other at $\alpha = 0.05$ as determined by Duncan's multiple range test(a > b > c > d > e > f).

4) No significance.

카페인 이식이 섭취량에 미치는 영향에 대해서는 아직까지 많은 이견이 있지만 식이섭취량을 저하시킨다는 결과가 여러 연구에서 나타나고 있다. 여와 승²⁶⁾은 체중 100g당 7mg의 카페인을 숫쥐에게 급여했을 때 대조군보다 식이섭취량이 유의하게 감소하였다고 하며, 배²⁶⁾도 쥐실험에서 카페인 섭취군이 대조군에 비하여 식이섭취량이 적었다고 하였다. 그러나 본 연구에서 어린쥐의 경우에는 성장하는 시기이므로 식이섭취량에 대한 생리적인 요구가 카페인의 영향보다 앞서기 때문에 카페인에 따른 유의한 차이가 없었던 것으로 사료된다.

본 연구에서 나타난 바와 같이 카페인이 체중증가량을 저하시킨다는 결과는 비교적 많은 연구에서 일치함을 보이고 있다. Bukowiecki 등²⁷⁾, Fears²⁸⁾, Cheung 등²⁹⁾, Nakamoto와 Shaye³⁰⁾, Naismith³¹⁾, 서³²⁾ 등은 동물실험에서 카페인이 흰쥐의 체중을 감소시킨다고 보고하였고, 사람을 대상으로 실시한 Achenson 등³³⁾과 Dulloo 등³⁴⁾의 연구에서도 이와같은 결과가 나타났다. 이들은 카페인이 지방분해 증가로 저장지방 감소를 초래하고 에너지 소비증가로 체중증가를 억제한다고 설명하였다.

칼슘의 섭취상태가 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율에 미치는 영향에 대해서는 계속해서 연구가 이루어지고 있지만 아직까지 많은 이견을 보이고 있다. 많은 연구들³⁵⁻³⁷⁾을 종합해보면, 저칼슘은 식이섭취량이나 체중증가의 감소를 초래하지만 고칼슘은 저칼슘의 반대효과를 보이지 않아 적정칼슘섭취와 유의한 차이가 없는 것으로 보여진다. 이러한 경향은 본 연구에서도 나타나서 카페인을 섭취한 성숙쥐의 경우 저칼슘군의 체중증가량은 적정 칼슘군보다 유의하게 낮았지만, 적정 칼슘군과 고칼슘군간에는 유의적인 차이가 없었다. 따라서 고카페인과 저칼슘식이의 혼합은 체중감소를 가중시킬 것으로 보여진다.

2. 혈청, 간장, 신장의 칼슘농도

암컷의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 카페인을 체중 100g당 0mg과 7mg, 그리고 각각에 대하여 식이칼슘을 요구량의 50, 100, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 혈청, 간장, 신장의 칼슘농도에 대한 결과는 Table 3과 같다. 혈청 칼슘농도는 연령에 의한 유의한 영향을 받아($p < 0.001$) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으나 카페인과 칼슘에 의한 유의적인 차이는 없었다. 간장의 칼슘농도는 칼슘, 연령과 카페인, 연령과 칼슘, 카페인과 칼슘 상호작용의 유의적인 영향을 받아($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.01$) 어린쥐의 경우 카페인 섭취시 고칼슘군의 간장 칼슘농도가 저칼슘군이나 적정칼슘군보

Table 3. Calcium levels in serum, liver and kidney

Group ¹⁾	Serum	Liver	Kidney
	mg/dl	µg/g	µg/g
YC0LCa	9.88±1.18 ^{2(c,d)}	52.82± 6.05 ^{bc}	105.02±10.75 ^e
YC0NCa	10.55±1.13 ^{bc}	49.44± 3.75 ^c	107.00±10.20 ^e
YC0HCa	11.75±0.36 ^a	54.32±12.25 ^{bc}	199.61±30.61 ^{ab}
YC7LCa	10.99±1.22 ^{ab}	52.92±11.07 ^{bc}	114.88±36.64 ^{de}
YC7NCa	9.72±1.19 ^{cde}	57.45±14.04 ^{bc}	159.32±22.08 ^{bcd}
YC7HCa	9.24±1.21 ^{def}	89.30±33.92 ^a	213.93±24.75 ^a
AC0LCa	8.54±0.58 ^{ef}	68.74±26.61 ^b	141.53±16.64 ^{cde}
AC0NCa	9.09±0.83 ^{def}	55.20± 7.23 ^{bc}	191.13±17.29 ^{abc}
AC0HCa	8.69±0.84 ^{ef}	56.94± 8.10 ^{bc}	144.21± 8.56 ^{cde}
AC7LCa	8.54±0.31 ^{ef}	51.68± 1.57 ^{bc}	198.54±23.84 ^{ab}
AC7NCa	8.16±0.25 ^f	54.14± 9.45 ^{bc}	185.00±27.25 ^{abc}
AC7HCa	8.56±0.68 ^{ef}	52.64± 5.41 ^{bc}	208.36±83.91 ^{ab}
Significance	p<0.001	p<0.001	p<0.001
Anova			
A(age)	p<0.001	N.S.	p<0.001
B(caffeine)	N.S. ⁴⁾	N.S.	N.S.
C(calcium)	N.S.	p<0.05	p<0.001
A×B	p<0.05	p<0.01	p<0.01
A×C	N.S.	p<0.01	p<0.001
B×C	p<0.001	p<0.01	p<0.05
A×B×C	p<0.01	N.S.	N.S.

1) In the abbreviated names, Y, A, C0, C7, L, N, H, indicate young, adult, no-caffeine, caffeine(7mg/100g B.W.), low, normal, high, respectively.

2) Mean±standard deviation.

3) Means with different letters(a, b, c, d, e, f) within a column are significantly different from each other at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test(a>b>c>d>e>f).

4) No significance.

다 유의하게 높았다($p<0.05$). 신장의 칼슘농도는 연령, 칼슘, 연령과 카페인, 연령과 칼슘, 카페인과 칼슘 상호작용의 유의적인 영향을 받아($p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.01$, $p<0.001$, $p<0.05$) 어린쥐가 성숙쥐보다 낮았다. 어린쥐의 경우 고칼슘군의 신장 칼슘농도는 저칼슘군이나 적정칼슘군보다 유의하게 높았으며($p<0.05$), 성숙쥐의 경우에는 카페인을 섭취하지 않은 저칼슘군과 고칼슘군의 신장 칼슘농도가 카페인을 섭취한 저칼슘군과 고칼슘군보다 유의하게 낮았다($p<0.05$).

혈중 칼슘의 항상성 유지는 정적인 상태가 아니라 끊임없는 내·외적 변화에 대응하는 동적상태이다. 여러 연구에서 많은 내·외적 요인에 따른 혈중 칼슘농도의 변화를 관찰한 결과 대조군과 유의한 차이가 없었다는 것²⁵⁾³⁷⁾³⁸⁾과 유의한 차이가 있었다는 것³⁵⁾³⁹⁾⁴⁰⁾으로 양분되고 있지만, 이들 대부분이 정상범위에서 크게 벗어나지는 않고 있다. 연령이 증가하면서 체내 칼슘대사는 많은 변화를 초래하게 되는데, 특히 여성에 있어 폐경이라는 생리적인 변화는 연령 증가에 따른 칼슘대사의 변화를 더욱 가속시키게 된다. 폐경 후에는 에스트로겐 분비가 감소하고 부갑상선 호르몬에 대한 골격의 반응

도가 증가하여 골의 재흡수가 일어나며 칼시토닌의 분비는 증가되어 1,25(OH)₂D₃의 생산량이 감소하여, 그 결과 칼슘의 흡수율은 감소하고 배설량은 증가하게 된다. 따라서 연령 증가에 따라 혈중 칼슘농도는 다소 감소하지만, 혈액의 칼슘농도는 아주 작은 범위에서 항상성을 조절하여 성인의 경우에는 9~11mg/dl로 항상 일정한 수준을 유지하며 어린이는 성인보다 다소 높고 노인은 다소 낮은 수준을 유지하고 있다¹²⁾. 본 연구에서도 혈청 칼슘농도는 성숙쥐가 어린쥐보다 유의하게 낮아 가령에 따른 칼슘대사의 변화를 보인 것으로 사료되지만 좀더 정확한 결과를 얻기 위해서는 뒷받침되는 연구가 이루어져야 할 것이다.

카페인 섭취수준이 간장 칼슘농도에 미치는 영향에 대한 연구로 실험쥐를 대상으로 카페인을 경구투여했을 때²⁵⁾와 피하로 정맥투여했을 때³⁾ 간장의 칼슘농도는 카페인 섭취수준에 따라 유의적인 차이가 없었다고 하여 본 연구와 일치하였다.

칼슘 섭취수준이 간장의 칼슘농도에 미치는 영향에 대한 기존의 연구를 살펴보았을 때 카페인과 마찬가지로 유의한 영향이 나타나지 않은 것으로 보고되고 있

Table 4. Fat free dry weight, ash and calcium contents in tibia

Group ¹⁾	FFDW	Ash/FFDW	Ca/FFDW
	mg	mg/g	mg/g
YCOLCa	135.00 ± 7.07 ^{2e3)}	516.49 ± 77.70 ^b	150.03 ± 25.06 ^b
YCONCa	153.33 ± 5.77 ^d	565.28 ± 33.42 ^{ab}	145.14 ± 7.79 ^b
YCOHCa	166.67 ± 5.77 ^d	540.44 ± 61.85 ^b	159.49 ± 2.99 ^{ab}
YC7LCa		554.95 ± 23.31 ^b	170.07 ± 6.97 ^{ab}
YC7NCa	135.00 ± 7.07 ^e	577.21 ± 67.59 ^{ab}	151.86 ± 0.09 ^b
YC7HCa	165.00 ± 7.07 ^d	575.00 ± 66.14 ^{ab}	162.83 ± 5.73 ^{ab}
ACOLCa		616.85 ± 11.53 ^{ab}	154.52 ± 8.72 ^b
ACONCa	235.00 ± 7.07 ^a	608.20 ± 17.06 ^{ab}	164.44 ± 11.19 ^{ab}
ACOHCa	230.00 ± 10.00 ^{ab}	680.25 ± 39.71 ^a	162.52 ± 12.82 ^{ab}
AC7LCa	235.00 ± 7.07 ^a	596.50 ± 99.24 ^{ab}	168.38 ± 7.30 ^{ab}
* AC7NCa	185.00 ± 7.07 ^c	628.79 ± 53.57 ^{ab}	198.22 ± 47.57 ^a
AC7HCa	215.00 ± 7.07 ^b	612.01 ± 14.72 ^{ab}	185.79 ± 7.27 ^{ab}
Significance	p < 0.001	N.S. ⁴⁾	N.S
Anova			
A(age)	p < 0.001	p < 0.01	p < 0.05
B(caffeine)	p < 0.05	N.S.	N.S.
C(calcium)	p < 0.001	N.S.	N.S.
A × B	p < 0.05	N.S.	N.S.
A × C	p < 0.01	N.S.	N.S.
B × C	p < 0.05	N.S.	N.S.
A × B × C	p < 0.01	N.S.	N.S.

- 1) In the abbreviated names, Y, A, CO, C7, L, N, H, indicate young, adult, no-caffeine, caffeine(7mg/100g B.W.), low, normal, high, respectively.
- 2) Mean ± standard deviation.
- 3) Means with different letters(a, b, c, d, e) within a column are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test(a > b > c > d > e).
- 4) No significance.

다. 식이에 1.3%, 0.52%(적정칼슘), 0.1%의 칼슘을 공급했을 때 간장 칼슘농도는 각 군간에 차이가 없었으며⁴¹⁾, 0.6%와 0.1%의 칼슘을 공급했을 때도 저칼슘군이 낮았지만 유의적인 차이는 없었다고 한다⁴²⁾. 그러나 본 연구에서는 카페인을 섭취한 어린쥐의 간장 칼슘농도는 칼슘 섭취수준의 유의한 영향을 받았고, 카페인을 섭취하지 않은 군의 경우에는 칼슘 섭취수준에 따라 유의한 변화가 없었던 것으로 보아 카페인군에서 나타난 유의적인 변화는 카페인과 칼슘의 개별적인 영향보다 이들 상호작용의 영향으로 보이지만, 이에 대한 연구부족으로 비교가 어려운 실정이다.

신장 칼슘농도는 연령과 칼슘의 영향을 받아 성숙쥐와 고칼슘군이 유의하게 높았으며, 카페인군도 비카페인군보다 높은 경향을 보임으로써 노중 칼슘배설량과 유사한 결과를 보이고 있다. 카페인과 칼슘 섭취수준은 노중 칼슘 배설량과 밀접한 관계가 있기 때문에 신장의 칼슘농도도 이들의 영향을 크게 받은 것으로 사료된다.

3. 경골의 칼슘상태

암컷의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 카페인을 체중

100g당 0mg과 7mg, 그리고 각각에 대하여 식이칼슘을 요구량의 50, 100, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 경골의 칼슘상태에 대한 결과는 Table 4와 같다. 경골의 지방제거 건조무게는 연령, 카페인, 칼슘(p < 0.001, p < 0.05, p < 0.001) 및 이들 상호작용의 유의한 영향을 받아 어린쥐가 성숙쥐보다 낮았으며, 저칼슘군이 적정칼슘군이나 고칼슘군보다 낮았다. 저 및 적정 칼슘을 섭취한 성숙쥐의 경우 카페인군의 경골의 지방제거 건조무게가 비카페인군보다 유의하게 낮았다(p < 0.05). 단위 경골당 회분함량과 칼슘함량은 연령에 의한 유의한 영향을 받아(p < 0.01, p < 0.05) 어린쥐가 성숙쥐보다 낮았으나 카페인과 칼슘에 따른 각 군별 유의적인 차이는 없었다.

Nakamoto와 Shaye³⁰⁾는 임신한 쥐에게 체중 100g 당 2mg의 카페인을 15일간 공급했을 때 새끼의 장골무게와 칼슘함량이 대조군보다 유의하게 낮았다고 하며, Glajchen 등⁴³⁾은 수컷에게 체중 100g당 2.5mg과 10mg의 카페인을 8주동안 만성적으로 투여했을 때 뼈의 교체(bone turnover)가 다소 증가하였지만 뼈의 형태는 변하지 않았다고 하였고, Greger와 Emery⁴⁴⁾도 이

Table 5. Calcium balance

Group ¹⁾	Ca intake mg/day	Ca excretion		Ca retention ²⁾ mg/day	Apparent Ca absorbability ³⁾ %
		Feces mg/day	Urine mg/day		
YC0LCa	76.41 ± 8.05 ^{4)g5)}	6.92 ± 3.46 ^e	0.48 ± 0.06 ^{ef}	69.01 ± 3.47 ^{def}	90.77 ± 4.39 ^a
YC0NCa	168.60 ± 6.24 ^{cd}	29.34 ± 14.90 ^{de}	0.56 ± 0.07 ^{ef}	138.41 ± 15.08 ^b	82.59 ± 8.82 ^{ab}
YC0HCa	310.53 ± 13.28 ^a	113.19 ± 66.06 ^a	0.84 ± 0.15 ^{cd}	196.78 ± 66.00 ^a	63.54 ± 21.28 ^d
YC7LCa	75.88 ± 1.71 ^g	8.60 ± 2.03 ^e	0.83 ± 0.12 ^{def}	66.45 ± 1.91 ^{cd}	88.66 ± 2.68 ^a
YC7NCa	142.36 ± 0.44 ^{de}	25.65 ± 4.94 ^{de}	1.03 ± 0.17 ^a	115.47 ± 4.87 ^{bc}	81.98 ± 3.48 ^{abc}
YC7HCa	274.72 ± 45.10 ^b	89.00 ± 9.62 ^{ab}	1.24 ± 0.17 ^{bc}	184.69 ± 9.86 ^a	67.61 ± 3.50 ^d
AC0LCa	70.65 ± 2.90 ^g	10.44 ± 3.25 ^e	0.48 ± 0.16 ^{ef}	59.73 ± 3.35 ^{ef}	85.22 ± 4.61 ^a
AC0NCa	136.43 ± 21.24 ^{ef}	42.45 ± 5.03 ^{cde}	0.43 ± 0.14 ^f	93.58 ± 4.84 ^{cde}	68.89 ± 3.64 ^{cd}
AC0HCa	283.80 ± 38.24 ^{ab}	84.67 ± 7.04 ^{ab}	0.59 ± 0.11 ^{ef}	198.61 ± 7.06 ^a	70.17 ± 2.48 ^{bcd}
Significance	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001
A(age)	p < 0.001	N.S. ⁶⁾	N.S.	p < 0.001	p < 0.01
B(caffeine)	p < 0.001	N.S.	p < 0.001	p < 0.001	N.S.
C(calcium)	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001	p < 0.001
Anova A × B	p < 0.01	N.S.	p < 0.05	p < 0.01	N.S.
A × C	p < 0.01	N.S.	p < 0.01	N.S.	p < 0.01
B × C	p < 0.001	N.S.	p < 0.01	p < 0.05	N.S.
A × B × C	p < 0.05	N.S.	p < 0.001	N.S.	N.S.

1) In the abbreviated names, Y, A, C0, C7, L, N, H, indicate young, adult, no-caffeine, caffeine(7mg/100g B.W.), low, normal, high, respectively.

2) Ca retention = Ca intake - Ca excretion in feces and urine.

3) Apparent Ca absorbability = [(Ca intake - Ca excretion in feces) / Ca intake] × 100.

4) Mean ± standard deviation.

5) Means with different letters(a, b, c, d, e, f, g) within a column are significantly different from each other at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test(a > b > c > d > e > f > g).

6) No significance.

유쥐에게 식이에 6.6% 인스턴트 커피를 첨가하여 22일 동안 공급했을 때 뼈의 길이나 칼슘함량에 유의한 변화가 없었다고하여 골대사에 미치는 카페인의 영향에 대해서는 보다 많은 연구가 요구된다.

본 연구에서 칼슘은 카페인과 반대의 영향을 보여 어린쥐와 성숙쥐 모두 경골의 무게를 증가시켰다. Six와 Goyer⁴⁵⁾는 성장기 숫쥐에게 식이의 0.7%와 0.1%의 칼슘을 10주간 공급했을 때 저칼슘군의 대퇴골 무게가 유의하게 감소하였다고 하며, Washko와 Cousins⁴²⁾는 성장기 숫쥐에게 식이의 0.6%와 0.1%의 칼슘을 8주간 공급했을 때 저칼슘군의 골회분량이 유의하게 낮았다고 하였다. 이 밖에 닭에 있어 칼슘부족도 골의 회분과 칼슘함량을 감소시켰다는 결과³⁹⁾⁴⁰⁾가 위의 연구들과 일치하고 있다. 이상을 종합할 때 경골에 미치는 카페인과 칼슘의 영향이 뚜렷하게 나타나지 않았지만 카페인은 경골의 무게를 감소시키는 반면, 칼슘은 증가시키는 것으로 나타나 칼슘은 카페인의 영향을 경감시킬 것으로 생각한다.

4. 칼슘평형

암컷의 어린쥐와 성숙쥐를 대상으로 카페인을 체중

100g당 0mg과 7mg, 그리고 각각에 대하여 식이칼슘을 요구량의 50, 100, 200% 수준으로 3주간 공급했을 때 칼슘평형에 대한 결과는 Table 5와 같다. 1일 칼슘 섭취량은 연령, 카페인, 칼슘(p < 0.001, p < 0.001, p < 0.001) 및 이들 상호작용의 유의한 영향을 받아 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 카페인군이 비카페인군보다 낮았고 칼슘 섭취수준 증가에 따라 높게 나타났다. 1일 대변중 칼슘 배설량은 연령과 카페인의 유의적인 영향은 없었지만 칼슘에 의한 유의한 차이가 있어(p < 0.001) 칼슘 섭취량 증가에 따라 증가하였다. 1일 소변을 통한 칼슘 배설량은 카페인, 칼슘(p < 0.001, p < 0.001) 및 연령과 카페인과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아 카페인군이 비카페인군보다 높았으며, 칼슘 섭취수준이 증가할수록 높았다. 1일 칼슘 보유량은 연령, 카페인, 칼슘, 연령과 카페인, 카페인과 칼슘 상호작용의 유의한 영향을 받아(p < 0.001, p < 0.001, p < 0.001, p < 0.01, p < 0.05) 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으며, 카페인군이 비카페인군보다 높았고, 칼슘 섭취수준 증가에 따라 높았다.

본 연구에서 연령에 따른 칼슘 보유량과 결보기 흡수율은 성숙쥐가 어린쥐보다 유의하게 낮아 연령증가에

따라 칼슘의 흡수율은 감소하고 배설량은 증가하여 그에 따라 칼슘평형이 감소한다는 여러 보고들⁴⁶⁻⁴⁸⁾과 일치하고 있다. 사람의 경우 체내 1일 칼슘 보유량은 골격성장에 비례하여 3살 때에는 약 38mg이었다가 사춘기 때 약 250mg으로 증가하다 그후 가령에 의해 약 25mg 이하로 감소한다고 한다⁴⁹⁾.

카페인도 칼슘평형에 영향을 미쳐 카페인군의 칼슘 보유량이 비카페인군보다 유의하게 감소하였다. Yeh와 Aloia⁵⁰⁾의 보고에서 어린쥐는 카페인 섭취에 따라 1.25(OH)₂D₃이 증가해 칼슘흡수가 증가하였지만 늙은쥐에 있어서는 이러한 증세가 나타나지 않았으며, 그에 따라 칼슘보유량은 어린쥐는 변하지 않았지만 늙은쥐에 있어서는 유의적으로 감소하였다고 한다. 그러나 본 연구에서 카페인에 의해 칼슘 보유량이 감소한 것은 칼슘 섭취량의 감소와 소변중 배설량 증가에 기인한 것이고, 소변으로 배설되는 칼슘량이 칼슘 보유량에 기여하는 정도가 매우 적은 것을 고려한다면, 카페인으로 인한 칼슘 섭취량 감소가 결국 칼슘 보유량을 감소시킨 결과가 되었다.

칼슘 섭취량도 칼슘평형에 유의적인 영향을 주어 칼슘 섭취 증가에 따라 비록 결보기 칼슘 흡수율은 감소하였지만 칼슘 보유량은 증가하였다. 이러한 결과는 칼슘 보유량이 칼슘부족시 감소하고⁵¹⁾ 칼슘보충시에는 증가한다⁵²⁾는 연구들과 일치하고 있다. 이상의 결과에서 카페인에 의한 칼슘손실은 가령화된 쥐에서 그 영향이 더욱 클 것으로 보이고, 칼슘 섭취량 증가는 칼슘의 흡수율을 저하시키지만 결국 체내 칼슘보유를 증가시키기 때문에 카페인으로 인한 칼슘손실을 보충할 수 있는 바람직한 인자로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 체내 칼슘이용에 미치는 카페인의 영향이 연령과 칼슘 섭취수준에 따라 어떻게 변하는지 살펴보기 위해서 생후 4주된 어린 암쥐와 12개월된 성숙한 암쥐를 대상으로 체중 100g당 0mg과 7mg의 카페인, 그리고 요구량의 50, 100, 200% 수준의 식이칼슘을 3주간 공급한 후 체내 칼슘합량을 측정하여 카페인의 영향에 따른 식이 칼슘의 중요성을 제시하고자 하였으며, 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 식이섭취량은 카페인군이 비카페인군보다 낮았으며, 체중증가량과 식이효율은 어린쥐가 성숙쥐보다 높았고 카페인군이 비카페인군보다 낮았다.

2) 혈청 칼슘농도는 어린쥐가 성숙쥐보다 높았으나 카페인과 칼슘 섭취수준에 의한 유의한 차이는 없었고,

간장과 신장의 칼슘농도는 칼슘섭취 증가에 의해 유의하게 높았다.

3) 단위 경골당 회분함량과 칼슘함량은 카페인과 칼슘 섭취수준에 의한 유의적인 차이가 없었다.

4) 1일 대변을 통한 칼슘 배설량은 어린쥐와 성숙쥐 모두 카페인의 영향은 받지 않았으나 칼슘 섭취량 증가에 따라 높게 나타났다. 1일 소변 중 칼슘 배설량은 카페인과 칼슘 섭취 증가에 의해 유의적으로 높게 나타났다. 칼슘 보유량은 카페인에 의해 감소하였으나 칼슘 섭취 증가에 따라서는 높게 나타났으며, 결보기 칼슘 흡수율은 칼슘섭취 증가에 따라 감소하였다.

이상의 결과를 종합해볼 때 식이 칼슘의 증가는 대변과 소변으로의 칼슘배설을 증가시키지만 결과적으로는 체내 칼슘 보유량을 증가시키기 때문에 칼슘은 카페인의 영향을 받는 영양소임과 동시에 카페인의 영향을 보완할 수 있는 영양소인 것으로 보여진다. 따라서 카페인의 섭취수준이 점차 증가하고 있는 현시점에서 체내 칼슘이용을 감소시키는 카페인의 영향을 줄일 수 있는 방안으로 칼슘섭취량의 증가가 바람직할 것으로 사료된다.

Literature cited

- 1) Heaney RP, Recker RR. Effect of nitrogen, phosphorus and caffeine on calcium balance in women. *J Lab Clin Med* 99 : 46-55, 1982
- 2) Hollingsbery PW, Bergman EA, Massey LK. Effect of dietary caffeine and aspirin on urinary calcium and hydroxyproline excretion in pre- and postmenopausal women. *Fed Proc* 4315 : 1149, 1985
- 3) Yeh JK, Aloia JF, Semla HM, Chen SY. Influence of injected caffeine on the metabolism of calcium and the retention and excretion of sodium, potassium, phosphorus, magnesium, zinc and copper in rats. *J Nutr* 116 : 273-280, 1986
- 4) Bullamore JR, Gallagher JC, Wilkinson R, Nordin BEC. Effects of age on calcium absorption. *Lancet* 2 : 535, 1970
- 5) Matkovic V, Heaney RP. Calcium balance during human growth : evidence for threshold behavior. *Am J Clin Nutr* 55 : 992-996, 1992
- 6) Prafitt AM, Gallagher JC, Heaney RP, Johnaton CC, Neer R, Whedon GD. Vitamin D and bone health in the elderly. *Am J Clin Nutr* 36 : 1014, 1982
- 7) Spencer H, Kramer L, Osis D, Norris C. Effect of phosphorus on the absorption of calcium and on the calcium balance in man. *J Nutr* 108 : 7, 1978

- 8) Forbes RM, Weingartner KE, Parker HM, Bell RM, Erdman JW. Bioavailability to rats of zinc, magnesium and calcium in casein-, egg- and soyprotein-containing diets. *J Nutr* 109 : 1652-1660, 1979
- 9) Goulding A. Effects of varying dietary salt intake on the fasting urinary excretion of sodium, calcium, and hydroxyproline in young women. *N.Z. Med J* 96 : 853-854, 1983
- 10) James WPT, Branch WJ, Southgate DAT. Calcium binding by dietary fiber. *Lancet* 1 : 638, 1978
- 11) Spencer H, Kramer L. NIH consensus conference : Osteoporosis. Factors contributing to osteoporosis. *J Nutr* 116 : 316-319, 1986
- 12) Nordin BEC, Williams R, Marshall DH, Gallagher JC, Williams A, Peacock M. Calcium absorption in the elderly. *Calcif Tissue Res* 21 : 422, 1975
- 13) Recker RR, Saville PD, Heaney RP. Effect of estrogens and calcium carbonate on bone loss in postmenopausal women. *Ann Intern Med* 87 : 649-655, 1977
- 14) Parfitt AM. Dietary risk factors for age-related bone loss and fracture. *Lancet* 19 : 1181-1184, 1983
- 15) Kelly PJ, Pocock NA, Sambrook PN, Eisman JA. Dietary calcium, sex hormones, and bone mineral density in men. *Br Med J* 300 : 1361-1364, 1990
- 16) Dawson-Hughes B, Jacques P, Shipp C. Dietary calcium intake and bone loss from the spine in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 46 : 685-687, 1987
- 17) Heaney RP. Nutritional factors in bone healthy in elderly subjects : methodological and contextual problems. *Am J Clin Nutr* 50 : 1182-1189, 1989
- 18) Johnston CC, Miller JZ, Slemenda CW, Reister TK, Hui S, Christian JC, Peacock M. Calcium supplementation and increases in bone mineral density in children. *N Engl J Med* 327 : 82-87, 1992
- 19) Anderson JJB, Tylavsky FA, Lacey JM, Talmage RV, Taft T. Major factors influencing distal bone mass in college age women. *Fed Proc* 46 : 632, 1987
- 20) 이동기 · 임승길 · 이현철 · 허갑범 · 조동제. 한국 폐경기 osteopenia 환자의 칼슘섭취 및 장내 칼슘흡수에 관한 연구. *대한내과학회지* 35 : 752-758, 1988
- 21) 배영란 · 유춘희 · 김유리 · 김현숙. 에너로빅 운동과 칼슘보충이 폐경기후 여성의 칼슘대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 24 : 114-123, 1991
- 22) NRC Food and Nutrition Board. Nutrient requirements of the laboratory rat, pp.7-27, Nat Aca Sci, Washington DC. 1978
- 23) American Institute of Nutrition. Report of the American institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 107 : 1340-1348, 1978
- 24) 김충련. SAS라는 통계상자-통계분석 및 시장조사기법을 중심으로, pp.247-352, 데이타리서치, 서울, 1993
- 25) 여정숙 · 승정자. 단백질과 카페인의 섭취수준이 나이가 다른 흰쥐의 칼슘, 인, 나트륨 및 칼륨 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 23 : 13-22, 1994
- 26) 배현숙. 지방수준을 달리한 식이에 카페인의 첨가가 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향. 성신여자대학교 대학원 석사학위논문, 1986
- 27) Bukowiecki LJ, Lupien J, Folla N, Jahjah L. Effects of sucrose, caffeine, and cola beverages on obesity, cold resistance, and adipose tissue cellularity. *Am J Physiol* 244 : R 500-R507, 1983
- 28) Fears R. The hypercholesterolaemic effect of caffeine in rats fed on diets with and without supplementary cholesterol. *Br J Nutr* 39 : 363-374, 1978
- 29) Cheung WT, Lee CM, Ng TB. Potentiation of the antipolytic effect of 2-chloroadenosine after chronic caffeine treatment. *Pharmacol* 36 : 331-339, 1988
- 30) Nakamoto T, Shaye R. Effects of caffeine on the growth of mandible and long bone in protein-energy malnourished newborn rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 177 : 56-61, 1984
- 31) Naismith DJ, Akinyanju PA, Yudkin J. Influence of caffeine containing beverages on the growth, food utilization and plasma lipids of the rat. *J Nutr* 97 : 375, 1968
- 32) 서 강. Coffee식이 흰쥐의 혈청 및 간 효소력과 화학성분에 미치는 영향. 건국대학교 대학원 석사학위논문, 1992
- 33) Achenson KJ, Zahorska-Markiewicz B, Anantharaman K, Jquier E. Caffeine and coffee : their influence on metabolic rate and substrate utilization in normal weight and obese individuals. *Am J Clin Nutr* 33 : 989-97, 1980
- 34) Dulloo AG, Geissler CA, Horton T, Collins A, Müller DS. Normal caffeine consumption : influence on thermogenesis and daily energy expenditure in lean and postobese human volunteers. *Am J Clin Nutr* 49 : 44-50, 1989
- 35) Mehring AL, Titus HW. The effects of low levels of calcium in the diet of laying chickens. *Poult Sci* 43 : 1405-1414, 1964
- 36) Yacowitz H, Fleischman AI, Amsden RT, Bierenbaum ML. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in rats fed saturated or unsaturated fat. *J Nutr* 92 : 389-392, 1967
- 37) Viperman PE, Preston RL, Kintner LD, Pfander WH. Role of calcium in the nutritional etiology of a metabolic disorder in ruminants fed a high grain ration. *J Nutr* 97 : 449-462, 1969
- 38) Barger-Lux MJ, Heaney RP, Stegman MR. Effects of moderate caffeine intake on the calcium economy of premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 52 : 722-725, 1990
- 39) Norris LC, Kratzer FH, Lin HJ, Hellewell AB, Beljan JR. Effect of quantity of dietary calcium on maintenance of bone integrity in mature white leghorn male chickens. *J Nutr* 102 : 1085-1092, 1972
- 40) Roland DA, Sloan DR, Wilson HR, Harms RH. Relation-

- ship of calcium to reproductive abnormalities in the laying hen. *J Nutr* 104 : 1079-1085, 1974
- 41) 권오란 · 김미경. 식이내 Ca 수준과 지방 종류를 달리하였을 때 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21 : 324-332, 1988
- 42) Washko PW, Cousins RJ. Role of dietary calcium and calcium binding protein in cadmium toxicity in rats. *J Nutr* 107 : 920-928, 1977
- 43) Glajchen N, Ismail F, Epstein S, Jowell PS, Fallon M. The effect of chronic caffeine administration on serum markers of bone mineral metabolism and bone histomorphometry in the rat. *Calcif Tissue Int* 43 : 277-280, 1980
- 44) Greger JL, Emery SM. Mineral metabolism and bone strength of rats fed coffee and decaffeinated coffee. *J Agric Food Chem* 35 : 551-556, 1987
- 45) Six KM, Goyer RA. Experimental enhancement of lead toxicity by low dietary calcium. *J Lab Clin Med* 76 : 933-942, 1970
- 46) Hall BD, Macmillan DR, Bronner F. Vitamin D-resistant rickets associated with high fecal endogenous calcium output. A report of two cases. *Am J Clin Nutr* 22 : 448-457, 1969
- 47) Bronner F. Nutrients bioavailability, with special reference to calcium. *J Nutr* 123 : 797-802, 1993
- 48) O'Loughlin PD, Morris HA. Oophorectomy in young rats impairs calcium balance by increasing intestinal calcium secretion. *J Nutr* 124 : 726-731, 1994
- 49) Leitch I, Aitken FC. The estimation of calcium requirement : A re-examination. *Nutr Abstr Rev* 29 : 393-411, 1959
- 50) Yeh JK, Aloia JF. Differential effect of caffeine administration on calcium and vitamin D metabolism in young and adult rats. *J Bone Miner Res* 3 : 251-258, 1986
- 51) 이종호 · 문수재 · 허갑범. Phytate와 저 Ca 섭취가 흰쥐의 성장 기간 동안 Ca, P, Zn 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 26 : 145-155, 1993
- 52) Matkovic V, Fontana D, Tominac C, Goel P, Chestnut III CH. Factors that influence peak bone mass formation : A study of calcium balance and the inheritance of bone mass in adolescent females. *Am J Clin Nutr* 52 : 878-888, 1990